

構造物及び地盤の振動性状について

豊橋技術科学大学 ○園田一博
 豊橋技術科学大学大学院 学生員 西岡省三
 豊橋技術科学大学 正員 栗林栄一

1. はじめに

構造物の地震時の挙動は、上部構造体の性状とともにその支持される地盤条件によって大きく影響される。従って、地盤-構造物系における連成効果を明らかにする事は、構造物の耐震安全性を考える上で重要な課題となる。本論ではそれらに対する研究の一貫として、豊橋技術科学大学内のF棟を観測対象とし、その振動性状、形状による局所的な変化と、周辺における地盤性状及び地盤-構造物の相互作用性状を常時微動観測結果ならびにFEM解析により把握する事を目的としたものである。

2. 構造物及び地盤の概要

本論において観測対象としたF棟は、地上5階、屋上へントウス1階からなるRC造である。東西に長辺方向を有し桁方向6スパン(全長43.2m)、梁方向2スパン(全長14.4m)の平面形であり、2階部分が渡り廊下により隣接棟とつながっている。なお、1階西側には突出部があり、東西18m、南北12mの平面形である。F棟の西側半分は勾配7%程度の傾斜面の上に建っている。基礎部は地表面下15mの位置にある支持層まで杭が打設されている。地盤は主として礫層、砂層、シル層などの累層からなりこれがほぼ水平に近い状態で分布している。

3. 観測概要

常時微動観測はF棟各階のA, B, C, Dの各点、地盤はF棟南側A₀、東側B₀、西側C₀について、水平2成分(梁、桁方向)、鉛直1成分の3成分を同時に固有周期1秒、サンプリング周波数50Hzの条件で測定した。なお地盤、構造物とも人工的振動や風力等の影響を受けないように、深夜の極力無風状態の時に測定を行い、周囲の状況により比較的外乱の無いと思われる定常状態の時に1カ所につき3分間数回記録した。

4. 解析方法

観測記録の解析は速度成分で行い、収録データは時間刻み0.02秒、データ個数8192の条件で移動平滑処理をしたFFTにより求められたフーリエスペクトルをとり、これらのスペクトルレベル比によって解析を行った。また、FEMは連続体解析プログラムFLUSHにより疑似3次元モデル化を行い、地盤-構造物系の伝達関数を求めた。なお、基礎面は土質柱状図よりN値が50以上ある砂礫層の下面とした。

5. 結果、考察

地盤でのスペクトルの卓越振動数は、各点の水平方向ではともに1Hz, 3.2Hz付近にあり振幅レベルも形状もほぼ同一である。これは地盤の振動性状に方向性がみられない事を示しており、原因としては当該地の斜面傾度が緩やかであった事、地層がほぼ成層地盤である事などが考えられる。梁方向の固有振動数をまず観測結果によって求めると、大体3.4Hzとなる。次に一般的なRC構造物の固有周期の算出式 $T=0.02H$ (H:地上高)から算出すると

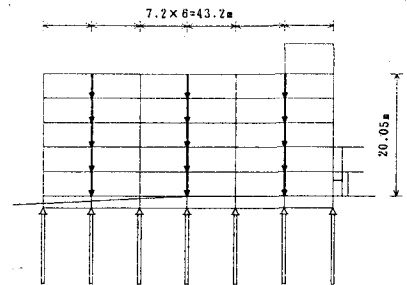


図-1 対象構造物の軸組図

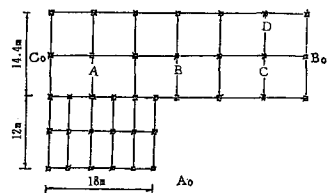


図-2 基礎図

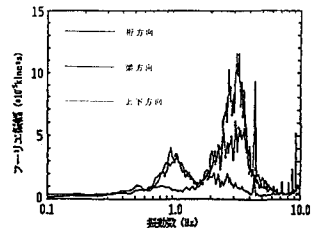


図-3 5階A点のスペクトル

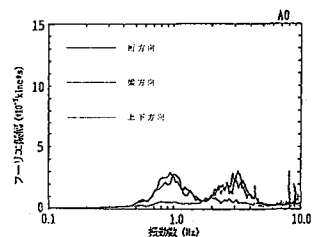


図-4 地盤A₀点のスペクトル

固有振動数 $f=2.5\text{Hz}$ となり、観測結果と一致しない。そこで基礎、地盤条件を考慮した固有周期の算出式⁽¹⁾

$$T=0.011H+0.143-0.062\log_{10}N \quad (H:\text{地上高}, N:\text{地表面から10mの深さのN値の平均値})$$

を使って求めると $f=3.3\text{Hz}$ となり、観測結果とほぼ一致する。これらよりF棟の固有振動数は 3.4Hz 付近にあり、又、構造物の固有振動数は基礎、地盤の影響が大きい事がわかる。スペクトルの 1Hz 付近の卓越振動数は、全観測点の水平方向で振幅レベルも形状もほぼ一致している。これらはF棟では 1Hz 付近の振動は地盤から構造物にほぼそのまま伝達される事を意味している。桁方向についてみると、スペクトルの性状、振幅レベルとも殆ど変化していない。これらから

桁方向では各階とも振幅はほぼ等しいと思われる。この原因として、桁方向は剛体的に振動する事、2階の渡り廊下部分により変位が拘束される事、もともと桁方向には振幅レベルの差が小さい事などが挙げられる。一方、梁方向では、固有振動数 3.4Hz 付近ではA点よりもC、D点のほうが応答倍率、振幅レベルとも少し大きい。つまり各階A点を結んだ軸よりも、C点を結んだ軸のほうがわずかではあるが振幅が大きいという事になるだろう。これはおそらく、1階の突出部分の影響によるものと思われる。次に、FEMより求めた伝達関数と、観測から求めた伝達関数を比較すると、両者にはかなりの相違がある。そこで地表面 A_0 を基準として、FEMの伝達関数を求めると、応答倍率は数値的には小さくなるが、卓越振動数については双方とも 3.4Hz でほぼ一致する。この事と、前述の基礎、地盤条件を考慮して算出した固有振動数、

また地盤と観測結果の伝達関数の卓越振動数がほぼ等しいことなどから、観測結果の伝達関数はあくまで地表面下数m程度の地盤の影響しか考慮していない伝達関数という事になろう。これらから、観測によってより正確な地盤-構造物の振動性状を知るには、基盤面に地震計を設置するなどのより現実的な測定を行う必要があるとおもわれる。

参考文献

- 1) 大場新太郎: 基礎、地盤条件が実在建築物の固有周期に及ぼす影響, 日本建築学会論文報告集, 第317号 1982年3月
- 2) 多賀直恒, 富樫豊, 今岡克也, : 丘陵地における埋土地盤及びその上に建つ構造物の振動性状, 日本建築学会構造系論文報告集, 第414号, 1990年8月
- 3) ジョン・タイマー-他著, 加藤進訳: コンピュータによる有限要素法を用いた土と構造物の連成解析, ソフトウェアセンター

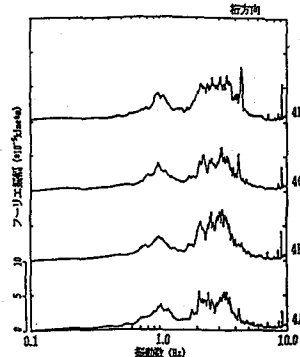


図-5 4階各点のスペクトル (桁方向)

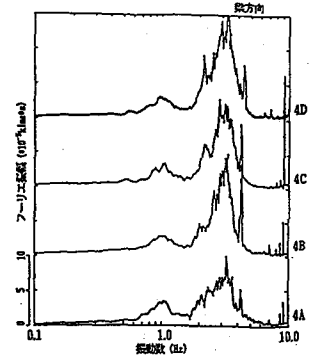


図-6 4階各点のスペクトル (梁方向)

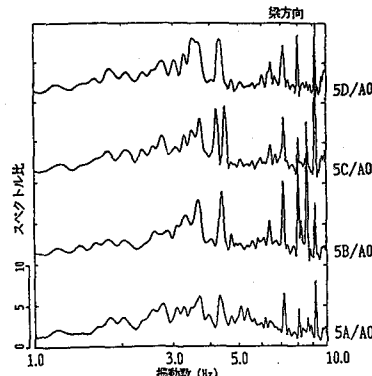


図-7 地盤 A_0 点で規準化した5階各点のスペクトル比

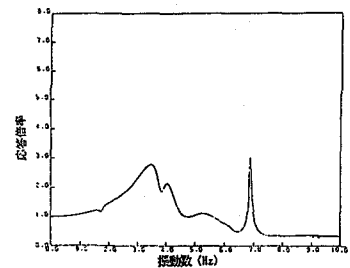


図-8 FEMによる地表面 A_0 で規準とした時の5階の応答倍率